

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 57-109387

(43)Date of publication of application : 07.07.1982

(51)Int.Cl.

H01L 33/00
H01S 3/18

(21)Application number : 55-186861

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 26.12.1980

(72)Inventor : UMEO ITSUO

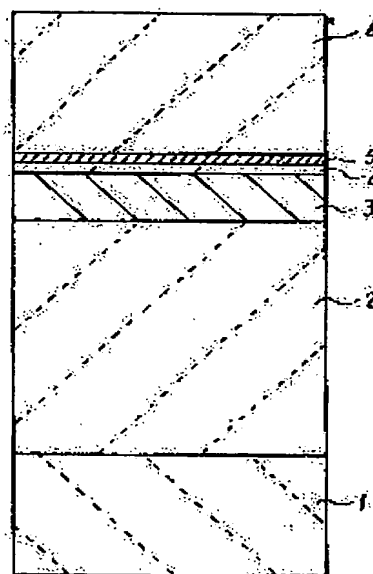
(54) LIGHT EMITTING ELEMENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To produce lights of different wave lengths by providing a plurality of recombination layers between layers of a larger energy gaps and by differentiating energy gaps of recombination layers.

CONSTITUTION: A P type InP buffer layer 2, a P type InGaAs P layer 3, P type InP layer 4, an N type InGaAs P layer 5 and an N type InP payer 6 are consecutively epitaxial-grown on a P type InP substrate 1. The layer 2, 4, 6 are trapping layers and the layer 4 is formed thinner than a diffusion length for the minority carrier.

Energy gaps of the recombination layers 3 and 5 are 1.17eV, 0.96eV respectively and emit light of 1.06 μ m and 1.29 μ m. The lights are taken out in the direction in which the energy gaps of the recombination layer become larger.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

⑬ 日本国特許庁 (JP)

⑭ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭57-109387

⑮ Int. Cl.³
H 01 L 33/00
H 01 S 3/18

識別記号

庁内整理番号
7739-5F
7377-5F

⑯ 公開 昭和57年(1982)7月7日

発明の数 1
審査請求 未請求

(全 4 頁)

⑰ 発光素子

川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

⑱ 特 願 昭55-186861

⑲ 出 願 人 富士通株式会社

⑳ 出 願 昭55(1980)12月26日

川崎市中原区上小田中1015番地

㉑ 発 明 者 煤生逸雄

㉒ 代 理 人 弁理士 松岡宏四郎

明 細 書

1. 発明の名称

発光素子

2. 特許請求の範囲

複数の積み重ねられた再結合層を有し、再結合層はそれよりエネルギーギャップの大きい層（閉じ込め層）に両側がはさまれ、隣り合う再結合層の閉じ込め層の厚さは、その層における少数キャリアに対する拡散長より薄く、再結合層相互のエネルギーギャップが異なることにより、複数のもしくはある範囲内で連続した波長を発生するようにしたことを特徴とする発光素子。

3. 発明の詳細な説明

本発明は、積み重ねられた、複数の相互に異なるエネルギーギャップを有する再結合層を有し、よって複数の（もしくは連続した）波長を発光しうることを特徴とする発光素子に関する。

半導体の p-n 接合に順方向電流を流れると、n 領域から p 領域へ接合を横切って電子が流入し、p 領域から n 領域へ正孔が流入する。所謂少数キ

ャリアの注入現象が起こる。しかるに、このようにして注入された電子および正孔は、流入した領域ではそれぞれ少数キャリアであり、しかも非平衡状態で存在を許される数以上に存在する余分の少数キャリアであるので反対電荷をもつ多数キャリアと再結合して消滅し平衡状態に戻らなければならない。ところが、ある種の半導体ではこの再結合時に遷移に相当したエネルギーが光として放出されることが知られており、かかる現象を利用した半導体発光素子が広く使用されており、特に近年では光通信などの分野で重用されている。

従来の半導体発光素子としては、第 1 図にそのポテンシャル図（バンドダイアグラム）を示したように、ホモ接合（第 1 図(a)参照）、シングルヘテロ接合（第 1 図(b)参照）及びダブルヘテロ接合（第 1 図(c)参照）などの構造が知られている。

第 1 図(a)に示したホモ接合型半導体発光素子は、例えば、p-GaAs と n-GaAs の如く同一材料の p-n 接合のみで構成されているもので、これに電圧をかけるとポテンシャルの段差が小さくな

て電子がn形からp形へ、正孔がp形からn形へ流れ込んで発生し、表示用発光素子などとして一般に使用されている単純な構造のものである。

第1図(b)に示したシングルヘテロ接合型半導体発光素子は、例えばp-GaAsとn-GaAsのよりの異種材料間のp-n接合を用いたものでホモ接合に比し発光効率を改善したものである。即ち、第1図(b)のポテンシャル図に示したように、p形材料(p-GaAs)の禁制帯幅(バンドギャップ) E_{g1} よりn形材料(n-GaAs)の禁制帯幅 E_{g2} が大きいので、第1図(b)の場合には、電圧をかけるときに電子側のポテンシャルの段差が正孔側のポテンシャルの段差より小さいため、電子が正孔に比して流れ易くなり片側だけが発光部となって発光効率が高められ、しかも $E_{g2} > E_{g1}$ であるので光を効率よく取り出せるのである。

第1図(c)に示したダブルヘテロ接合型半導体発光素子は、最近光通信などの分野で実用されている構造で、例えば、p-CdTe、p-GaAs及びn-GaAsをこの順で接合させて、例えば禁制

い)、発光効率が低下すると共に電流と光出力との相関関係の直線性が損われるという問題があった。

本発明者は上述の電子又は正孔が閉じ込められずに一部リークすると云う現象に着目、検討し本発明を完成した。

本発明は、ヘテロ構造において閉じ込め層からキャリアを積極的に漏れさせることによってエネルギーギャップが相互に異なる再結合層で再結合させ複数の(もしくはある範囲で連続する)波長を発光させることを目的とする。

本発明の目的は、複数の積み重ねられた再結合層を有し、再結合層はそれよりエネルギーギャップの大きい層(閉じ込め層)に両側はさまれ、隣り合う再結合層の閉じ込め層の厚さは、その層における少数キャリアに対する拡散長より薄く、再結合層相互のエネルギーギャップが異なることにより、複数の(もしくはある範囲内で連続した)波長を発生する発光素子により達成される。

以下本発明の実施例を評述する。

帯幅 E_{g1} のところで発光させようとする場合に、この両側を E_{g1} より禁制帯幅の大きい材料(E_{g2} 及び $E_{g3} > E_{g1}$ でサンドイッチしたものである。かかる構造において電圧をかけると電子側のポテンシャルの段差が小さいので電子が E_{g1} の材料(p-GaAs)に流れ込み、その結果としてここに電子も正孔も閉じ込められてしまうので非常に効率よく発光され、しかも両側の材料の禁制帯幅 E_{g2} 及び E_{g3} が E_{g1} より大きいから発光された光に対して透明であるのでいずれの側からも効率よく光を取り出すことができる。シングルヘテロ接合の場合に比較して電子が E_{g1} の部分に閉じ込められるので電子密度が高く発光効率が一段と高められる。

しかしながら、このような従来の半導体発光素子、特に発光効率の高いダブルヘテロ接合構造において、実際には電圧を印加して流す電流を増加させていくと発光部の電流密度が増加して電子(又は正孔)が閉じ込められずに一部リークする現象がおこり(特に近年光通信分野で重用されているInP-InGaAsPの系においてこの問題が大き

第2図本発明の発光素子の原理図であり、基板上に複数の再結合層(1, 1-1, …… 3, 2, 1)及び複数の閉じ込め層(sc, 1c, …… 3c, 2c, 1c)を成長した多層構造の表面層からの距離と各層のエネルギーギャップ E_g を示している。

図において、再結合層1, 2, 3, …… iのエネルギーギャップ E_g は $E_{g1}, E_{g2}, \dots, E_{gi}$ で $E_{g1} > E_{g2} > E_{gi}$ とする。両端の閉じ込め層1c, scの E_g は十分大きく、中間にある閉じ込め層とその隣りにある再結合層の E_g の差は $\Delta E_{g1}, \Delta E_{g2}, \dots, \Delta E_{gi-1}$ とする。各再結合層での発光の割合は $\Delta E_{g1}, \Delta E_{g2}, \dots, \Delta E_{gi-1}$ の大きさにより制御できる。発光波長は $1.24/E_g \text{ eV } \mu\text{m}$ で、第3図はそのスペクトルを示す。光取り出し方向に対して E_g は大きくなっており、結晶内で発生した光は吸収を受けることなく外に取り出される。なお全ての閉じ込め層1c, 2c, …… icにおいて、その厚さはその層のキャリアの拡散長より短かく、よってそこではキャリアは再結合しない。

第4図は二波長を発光する例で両端の閉じ込め

層のエネルギーギャップは再結合層のエネルギーギャップ E_{g1} , E_{g2} より十分大とする。p-n接合は一つどこかにあるものとする。 $4E_g$ は二つの再結合層間の閉じ込め層と E_{g1} の差である。発光波長は $\lambda_1 = 1.24/E_{g1}$ (ev μm)、 $\lambda_2 = 1.24/E_{g2}$ (ev μm) である。 $E_{g1} > E_{g2}$ で、再結合層 I が光取り出し側にあるものとする。 λ_1 , λ_2 の発光比率は $(1-\alpha) : \alpha$, α は a を定数として近似的に $\alpha = a \exp(-a 4E_g)$ と表わされる。従って $4E_g$ を制御して λ_1 , λ_2 の強度を自由に定めることが可能である。

上記二波長を発光する発光素子の実施例について以下説明する。

第5図(a)はP-InP基板1上にP-InPバッファ層2(不純物濃度 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)を $5 \mu\text{m}$ エピタキシャル成長し、その上にP-InGaAsP層3(不純物濃度 $2.5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$)を $1.0 \mu\text{m}$ エピタキシャル成長し、次いでその上にP-InP層4(不純物濃度 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$)を $0.2 \mu\text{m}$ エピタキシャル成長し、次いでn-InGaAsP層5(不純物

濃度 $2.5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$)を $0.2 \mu\text{m}$ エピタキシャル成長し、その上にn-InP層6(不純物濃度 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)を $3 \mu\text{m}$ エピタキシャル成長し形成した多層エピタキシャル層構造の基板である。本実施例でP-InPバッファ層2及びn-InP層6が両端の閉じ込め層であり、P-InP層4は二つの再結合層間の閉じ込め層であり、閉じ込め層のエネルギーギャップは 1.35 ev である。

P-InGaAsP層3は再結合層であり、エネルギーギャップは 1.17 ev であり、 $1.06 \mu\text{m}$ の光を発する。n-InGaAsP層5は再結合層であり、エネルギーギャップは 0.96 ev であり、 $129 \mu\text{m}$ の光を発光する。第5図(b)はそのバンド図である。

この実施例では 0.96 ev エネルギーギャップを持つn-InGaAsP層5から電子の拡散距離より短かい $0.2 \mu\text{m}$ だけ離れた所に 1.17 ev のエネルギーギャップを持つP-InGaAsP層3を設け、エネルギーギャップが 1.35 ev のP-InP層2によりn-InGaAsP層5からリークした

電子をP-InGaAsP層3に閉じ込めるようにしたものである。これによりP-InGaAsP再結合層3で $1.06 \mu\text{m}$ の光を発光させn-InGaAsP再結合層5で $129 \mu\text{m}$ の光を発光させることができる。

以上説明したように、本発明に従えば、従来のヘテロ結合で電流の増加と共に起る電子又は正孔のリークにより発光効率低下すると云う問題を逆に利用することによって、一個の発光素子で複数の(もしくはある範囲内で連続した)波長の光を効率よく得ることができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は従来の半導体発光素子のポテンシャル図、第2図は本発明の基本的な動作原理を説明するためのバンド図、第3図はその発光スペクトル、第4図は本発明の二波長を発光する例を示す図、第5図は実用的な実施例を示す図である。

- 2, 6: 両端の閉じ込め層,
- 4: 再結合層間の閉じ込め層,
- 3, 5: 再結合層。

第 1 図

